

PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PLASMA

Tuhu Agung R., Hanry Sutan Winata

Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya 60294
e-mail : tuhuagung@yahoo.co.id

ABSTRAK

Air limbah industri tahu adalah salah satu jenis industri yang membuang hasil pengolahan limbah cair dan padat nya baik secara langsung maupun tidak langsung ke badan air, dimana didalam proses produksi tahu banyak sekali membutuhkan air untuk proses produksinya. Sehingga diperlukan pengolahan air limbah, salah satunya yaitu dengan menggunakan teknologi plasma. Plasma dibuat dengan pemanfaatan tegangan listrik, yaitu dengan menghadapkan dua elektroda. Dengan memberikan tegangan listrik searah yang cukup tinggi, yaitu ≤ 10 kV. Teknologi plasma dalam limbah cair merupakan loncatan-loncatan ion, loncatan ini membentuk spesies aktif (OH, O, H, H₂O₂) yang memiliki sifat radikal dimana mudah bereaksi dengan senyawa organik tanpa terkecuali. Pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan proses teknologi plasma dilakukan dengan beberapa variasi waktu kontak antara 10 sampai 160 menit dan luas penampang antara 18 cm² sampai 90 cm². Hasil terbaik yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu pada waktu kontak 160 menit dan luas penampang 90 cm² yang menghasilkan penyisihan COD 75.29 % dan TSS sebesar 77.27 %. Dengan konstanta yang paling tinggi yaitu 0.000003 untuk penyisihan COD dan dengan konstanta yang paling tinggi yaitu 0.000009 untuk penyisihan TSS.

Kata kunci : COD dan TSS, Tegangan Listrik, Teknologi Plasma

ABSTRACT

Waste water tofu industrial are one of kind industrial throwing result of liquid waste treatment and solid either directly and also indirect to water, where in tofu process production a lot of need water for process of production. Industrial waste resulted from production process are solid and liquid, but liquid waste tofu industrial has level of bigger pollution compared with level of solid waste. So required waste water treatment, one of them is using by plasma technology. Plasma is made with voltage exploiting, that is by confronting two electrodes. By giving concurrent voltage that is enough is height, that is ≤ 10 kv. Plasma technology in waste liquor is ion hops, this hop forms active species (OH, O, H, H₂O₂) what measures up to radical where easy to react with organic compound without aside. Waste treatment melted industry to know by using plasma technology process is done with a few various resident time between 10 minutes to 160 minutes and cross-area between 18 cm² to 90 cm². Best result obtained from this research, when remaining 160 minutes and cross-area 90 cm² yielding exclusion of COD 7529 % and TSS 7727 %. With konstanta which is highest that is 0000003 for exclusion of COD and with konstanta which is highest that is 0000009 for exclusion TSS.

Keyword : COD and TSS, Voltage, Plasma Technology.

PENDAHULUAN

Industri Tahu merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah organik. Limbah industri tahu yang dihasilkan dapat berupa limbah padat dan cair, tetapi limbah cair memiliki tingkat pencemaran lebih besar dari pada limbah padat. Bahan utama pembuatan tahu adalah kedelai, dimana tahu adalah suatu olahan dari ekstrak kedelai yang dilakukan dengan penambahan asam cuka. Limbah tahu banyak mengandung protein dan karbohidrat tinggi sehingga pembusukan oleh mikro organisme pembusuk sangat mudah terjadi.

Selama ini teknologi yang sudah ada untuk pengolahan air limbah tahu yaitu pengolahan menggunakan metode secara kimia, dan biologi. Pada umumnya Pengolahan secara kimia, dan biologis masih mempunyai kekurangan untuk mengolah air limbah. Pengolahan air limbah secara kimia mengakibatkan pencemaran baru yang berasal dari bahan kimia, selain itu bahan baku proses pengolahan secara kimia lebih mahal, sedangkan pengolahan yang menggunakan proses secara biologi dibutuhkan lahan yang cukup luas dan waktu yang cukup lama untuk mendegradasi air limbah.

Untuk mengatasi kekurangan pada proses pengolahan limbah yang sudah ada maka dapat digunakan teknologi plasma. Teknologi ini termasuk dalam green teknologi karena tidak menggunakan bahan kimia dan dengan teknologi tersebut pengolahan limbah lebih cepat, tidak membutuhkan lahan yang luas serta hasil akhir yang ramah lingkungan. Teknologi plasma untuk mengolah limbah cair memiliki banyak kelebihan dibanding dengan cara konvensional, mikrobiologi maupun membran filtrasi. Proses penguraian senyawa organik oleh plasma berlangsung sangat cepat serta

spesies aktif yang dihasilkan dapat menguraikan hampir seluruh senyawa organik yang terkandung dalam air limbah.

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah tahu adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupun pada saat pencucian kedelai. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair. Limbah padat industri tahu belum dirasakan dampaknya karena limbah padat industri tahu bisa dimanfaatkan sebagai pakan ternak.

Air banyak digunakan sebagai bahan pencucian dan merebus kedelai untuk proses produksinya. Akibat dari banyak nya pemakaian air dalam proses pembuatan tahu maka limbah cair yang dihasilkan juga cukup besar. Limbah cair industri tahu memiliki beban pencemar yang tinggi. Pencemaran limbah cair industri tahu berasal dari bekas pencucian kedelai, perendaman kedelai, air bekas pembuatan tahu dan air bekas perendaman tahu.

Air limbah tersebut mengandung bahan organik, bila langsung dibuang ke badan air penerima tanpa ada nya proses pengolahan maka akan menimbulkan pencemaran, seperti menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap dan berkurangnya oksigen yang terlarut dalam air sehingga mengakibatkan organisme yang hidup didalam air terganggu karena kehidupannya tergantung pada lingkungan sekitarnya. Pencemaran yang dilakukan terus menerus akan mengakibatkan mati nya organisme yang ada dalam air, menginggit air berubah kondisinya menjadi anaerob. (Astuti,2007)

Menurunnya kadar oksigen yang terlarut dalam air berarti kondisi pencemaran didalam air semakin meningkat, maka diperlukan

pencegahan pencemaran akibat limbah cair industri tahu agar habitat dan kehidupan air yang ada disekitar lingkungan tetap terlindungi (Farid, 2008).

Teknologi Plasma Untuk Pengolahan Limbah Cair

Plasma ini biasanya dibentuk dengan memanfaatkan tegangan listrik, yaitu dengan menghadapkan dua kutub elektroda dengan memberikan tegangan listrik searah yang cukup tinggi yang nantinya akan menghasilkan loncatan ion. Ion positif dan negatif yang dihasilkan bergerak bebas mengikat elektron-elektron. Teknologi ini menguraikan, membersihkan, dan tidak mengendapkan. Kimia pun terurai sehingga tidak ada endapan lain, hasilnya air akan menjadi bersih. Ozon sendiri dapat dibuat menggunakan teknologi plasma. Dewasa ini teknologi plasmalah yang paling banyak dipergunakan untuk membuat ozon (Anonim, 2009).

Plasma juga disebut gas terionisasi adalah keadaan benda fase gas berenergi, yang sering disebut sebagai zat keempat. Hasilnya adalah sebuah koleksi ion dan elektron yang tidak lagi terikat satu sama lain. Karena partikel-partikel ini terionisasi (bermuatan).

Oleh karena itu beberapa negara maju telah mengembangkan teknologi baru untuk pengolahan limbah. Teknologi itu memanfaatkan loncatan ion dan bentuknya dapat beragam, misalnya dengan Advanced Oxidation Processes (AOP) atau teknologi oksidasi lanjutan. Dimana Advanced Oxidation Processes adalah satu atau kombinasi dari beberapa proses seperti *Ozone*, *electron beam*, *sono chemistry*, *electrical discharge* (plasma) serta beberapa proses lainnya untuk menghasilkan hidroksil radikal.

Hidroksil radikal yaitu spesies aktif yang memiliki sifat radikal, dimana mudah bereaksi dengan senyawa organik apa saja tanpa terkecuali, terutama senyawa-senyawa organik yang selama ini sulit atau tidak dapat diuraikan dengan metode mikrobiologi atau membran filtrasi (Anto TS, 2002).

Secara umum ozon sebagai oksidator yang paling kuat setelah radikal hidroksida, dapat dimanfaatkan dengan baik untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik, menghilangkan warna dan bau, ataupun rasa (Bismo.S., 2008). Sedangkan elektron beam adalah elektron hasil pemanasan dengan menggunakan medan listrik beda potensial atau tegangan yang relatif tinggi sehingga diperoleh elektron berenergi. Elektron tersebut digunakan untuk meradiasi pengolahan air limbah, interaksi antara radiasi berupa elektron beam dengan air akan menghasilkan molekul terionisasi yang selanjutnya akan terbentuk spesies reaktif (OH, H dan H₂O atau O₂) spesies tersebut bereaksi dengan zat terlarut serta menguraikannya (Cristina M., 2010).

Plasma

Plasma adalah zat keempat selain zat klasik padat, cair, dan gas. Zat plasma ini bukanlah plasma seperti kata plasma darah, kata yang paling umum digunakan berkaitan dengan plasma di bidang biologi. Plasma zat keempat ini ditemukan pada tahun 1928 oleh ilmuwan Amerika, Irving Langmuir dalam eksperimennya melalui lampu *tungsten filament*.

Plasma dibuat dengan pemanfaatan tegangan listrik, yaitu dengan menghadapkan dua elektroda diudara bebas. Udara adalah isolator, materi yang tidak menghantarkan listrik, namun apabila kedua elektroda tersebut diberikan tegangan listrik yang

cukup tinggi, yaitu ≤ 10 kV maka sifat konduktor akan muncul pada udara tersebut. Bersamaan dengan itu pula maka tegangan listrik mulai mengalir (*electrical discharge*) fenomena ini disebut *electrical breakdown*. Semakin besar tegangan listrik yang diberikan pada elektroda maka semakin besar pula ion dan elektron bebas yang terbentuk. Singkatnya plasma adalah kumpulan elektron bebas, ion bebas, dan atom bebas. Pada tahun 1833, Faraday menunjukkan bahwa jumlah zat-zat yang teroksidasi dan tereduksi pada elektroda-elektroda berbanding lurus dengan waktu dan jumlah kuat arus yang melalui sel tersebut.

Teknologi plasma dapat langsung digunakan dalam proses pengolahan limbah organik, dan apabila air limbah mengandung logam maka akan terjadi gumpalan atau pembentukan flok pada waktu proses pengolahan yang merupakan proses destabilisasi. Salah satu cara pembuatan plasma dalam air, pembuatan plasma dalam air hampir sama dengan pembuatan plasma diudara. Plasma dalam air menyebabkan timbulnya berbagai reaksi fisika dan kimia, seperti sinar ultra violet, shockwave, spesies aktif (OH, O, H, H₂O₂) serta termal proses.

Banyaknya reaksi fisika dan kimia yang dihasilkan oleh plasma, menjadikan teknologi ini dapat merangkum beberapa proses yang dibutuhkan dalam proses pengolahan limbah organik. Sinar ultraviolet yang dihasilkan mampu mengoksidasi senyawa organik sekaligus membunuh bakteri yang terkandung dalam air limbah. Shockwave yang ditimbulkan mampu menghasilkan spesies aktif yang merupakan oksidan kuat yang dapat mendegradasi berbagai senyawa organik sekaligus membunuh bakteri yang terkandung dalam air limbah.

Plasma dalam air juga berperan dalam berbagai proses pengoksidasi senyawa organik (Bismo.S., 2008).

Aksi reaksi yang terjadi pada ion dan elektron dalam plasma di dalam limbah cair industri tahu berlanjut dengan terbentuknya sinar ultraviolet dan shockwave, akibat ion dan elektron yang dihasilkan teknologi plasma mempunyai energi yang sangat tinggi maka air (H₂O) akan terurai dan menghasilkan spesies aktif seperti OH, O, H dan H₂O₂ (Anonim, 2006).

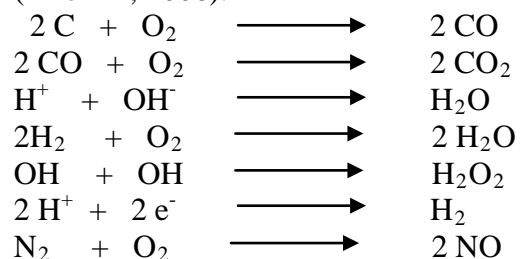
- H₂O menjadi OH⁻ dan H₂

$$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$$
- H₂O menjadi H₂O₂

$$2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$$
- H₂O menjadi O₂

$$2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$$

Spesies aktif tersebut merupakan oksidan kuat yang dapat mengoksidasi berbagai senyawa organik sekaligus membunuh bakteri dalam limbah cair tersebut, spesies aktif tersebut kemudian bereaksi dengan unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), sulfur (S) yang terdapat dalam limbah cair industri tahu tersebut. Tumbukan elektron dan ion dengan molekul molekul mengakibatkan terjadi reaksi kimia melalui oksidasi dan reduksi (Anonim, 2006).



Zat yang terbentuk dari reaksi plasma dengan bahan organik limbah cair industri tahu tersebut berupa gas. Apabila zat hasil reaksi berfasa gas maka akan keluar gelembung-

gelembung gas disekitar batang katoda yang kemudian akan bergerak keatas permukaan air, jadi semakin banyak gas yang keluar dan kotoran yang mengendap pada pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan teknologi plasma, maka kandungan COD dan TSS dalam limbah cair tersebut juga akan berkurang.

Kinetika Reaksi

Kinetika reaksi adalah suatu cabang ilmu kimia yang mempelajari mekanisme reaksi, yaitu bagaimana reaksi itu berlangsung dan kecepatan terjadinya reaksi. Kecepatan merupakan pengurangan setiap satuan jumlah berlangsungnya reaksi dan itu tergantung pada jenis reaksi.

Kinetika suatu reaksi dapat ditentukan dengan cara mengikuti perubahan selama terjadinya reaksi. Dengan menganalisa campuran reaksi dalam selang waktu tertentu, maka konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi dapat dihitung. Selanjutnya dari data-data yang diperoleh tersebut kinetika reaksi dapat ditentukan.

METODE PENELITIAN

Bahan yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah limbah cair industri tahu, UD. Adi Jaya Surabaya. Parameter limbah yang akan di analisa adalah COD dan TSS.

Variabel yang Dipakai

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 2 kondisi yang dikerjakan yaitu kondisi tetap dan peubah yang dijalankan.

Kondisi Tetap

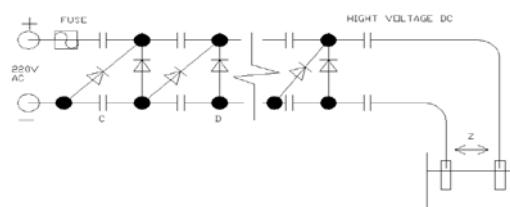
1. Tegangan (volt) : 10000
2. Volume air limbah (ml) : 1000

Peubah yang Dijalankan

1. Luas Penampang Elektroda (cm^2):
18 36 54 72 90

2. Waktu kontak (menit) :
10 20 40 80 160

Alat-alat yang Digunakan



1. C = Condensator
2. D = Double Voltage (AC 220 Volt dirubah menjadi DC 10000 volt).
3. Z = Jarak Elektroda
4. Fuse
5. Reaktor.
6. Elektroda Karbon.

Prosedur Penelitian

Air limbah dilakukan analisa awal COD dan TSS, untuk melakukan proses teknologi plasma kemudian air limbah di dimasukkan kedalam reaktor sebanyak 1 liter kemudian rectifier dihubungkan dengan arus listrik, dan selanjutnya elektroda dihubungkan dengan rektifier. Elektroda dihubungkan pada kutub positif dan di hubungkan pada kutub negatif, kemudian dialiri listrik sesuai peubah yang ditetapkan dengan ketentuan waktu proses disesuaikan dengan waktu yang telah ditetapkan. Hasil dari penelitian lalu disaring dalam kertas saring kemudian dianalisa terhadap COD, dan dari hasil penelitian lalu dianalisa terhadap TSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan sampel air limbah yang berasal dari proses industri tahu UD Adi Jaya Surabaya. Sebelum dilakukan penelitian air limbah dianalisa terlebih dahulu untuk mengetahui kadar cemarnya.

Tabel 1. Analisa Awal Limbah Cair Industri Tahu

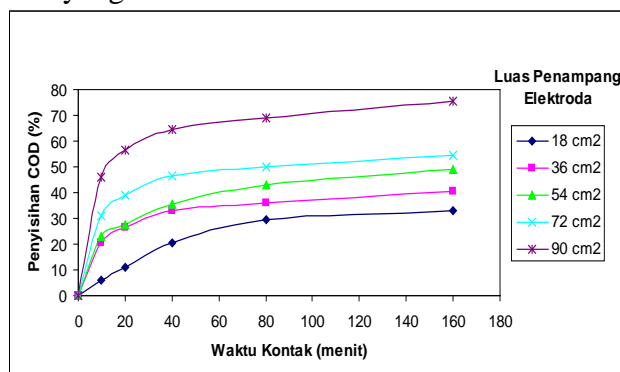
Parameter	Beban (mg/l)
COD	6400
TSS	2800
PH	4.2

Sumber : Data Primer

Pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan proses teknologi plasma ini menggunakan tegangan listrik kurang lebih 10kv dan memasang kedua elektroda secara berhadapan yang dialiri oleh listrik secara berhadapan pada jarak tertentu. Teknologi plasma dapat langsung digunakan dalam proses pengolahan limbah organik yang nantinya akan menghasilkan spesies aktif seperti (OH, O, H, H₂O₂). Menurut Bismo, spesies aktif itu merupakan oksidan kuat yang dapat mengoksidasi berbagai senyawa organik sekaligus membunuh bakteri yang terkandung dalam air limbah. Plasma dalam air juga berperan dalam berbagai proses penguraian senyawa organik. Dalam pemilihan variabel dalam penelitian ini yaitu menggunakan variable pengaruh waktu kontak dan luas penampang elektroda pada saat proses berlangsung. Karena semakin lama waktu kontak pada saat proses teknologi plasma maka akan menghasilkan jumlah elektron bebas, ion bebas, atom bebas yang dihasilkan

dan semakin luas penampang yang dipakai maka semakin cepat reaksi yang terjadi pada proses teknologi plasma untuk mengolah limbah cair tahu.

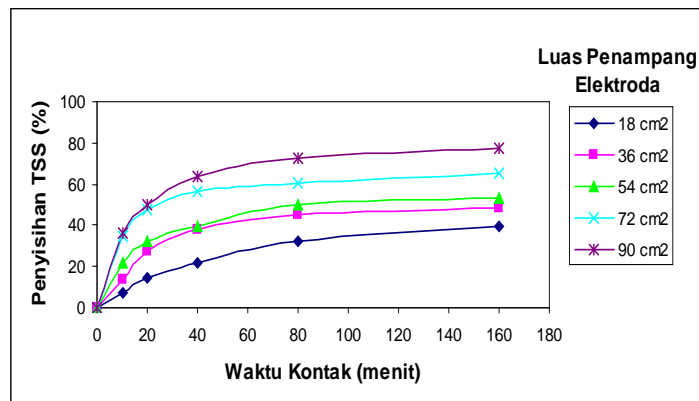
Pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan proses teknologi plasma telah dilakukan di Laboratorium Riset Teknik Lingkungan dengan melalui beberapa tahapan yaitu pengolahan limbah dilakukan proses dengan menggunakan teknologi plasma yang kemudian dilanjutkan dengan penyaringan dengan menggunakan kertas saring. Diperlukannya penyaringan setelah proses pengolahan limbah cair tahu karena adanya karbon akibat terjadinya proses karbonisasi, karbonisasi merupakan suatu proses untuk menkonversi bahan organik menjadi arang. Pada proses karbonisasi akan melepaskan zat yang mudah terbakar seperti CO, CH₄, H₂, methana serta zat yang tidak terbakar seperti CO₂ dan H₂O. Gas-gas yang dilepaskan pada proses ini mempunyai nilai kalor yang tinggi. Pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan proses teknologi plasma dilakukan dengan beberapa variasi waktu kontak dan luas penampang, kemampuan penyisihan COD dan TSS pada variasi waktu kontak dan luas penampang yang dapat ditunjukkan pada gambar 1., gambar 2. gambar 3 dan gambar 4. sebagai berikut:



Gambar 1. Hubungan antara Waktu Kontak (menit) dengan Penyisihan COD (%) pada Berbagai Luas Penampang Elektroda

Pada waktu kontak 10 menit dalam reaktor plasma dalam air memberikan hasil yang relatif rendah sedangkan pada waktu kontak 160 menit dalam reaktor memberikan hasil yang paling besar terhadap penyisihan COD dikarenakan semakin lama waktu kontak yang diberikan untuk proses, maka kemampuan penyisihan COD semakin meningkat. Hal ini terjadi karena adanya kontak yang cukup lama antara air limbah dengan elektroda, sehingga terjadi *advanced oxidation*

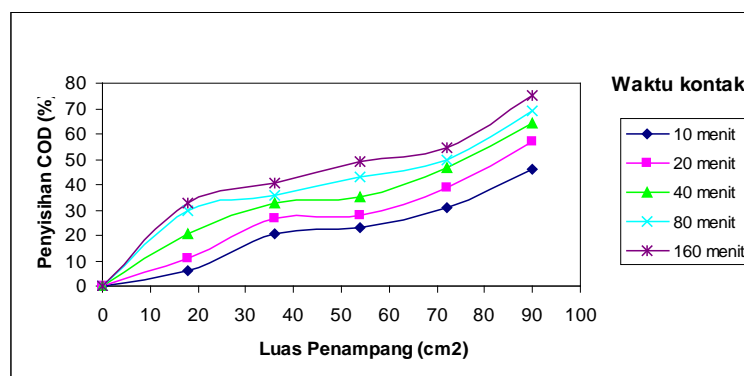
processes pada penguraian senyawa organik dalam air limbah dapat berlangsung. Dengan memberikan waktu kontak yang cukup untuk proses dalam reaktor, maka akan memperbesar jumlah ion bebas, elektron bebas, dan atom bebas yang dihasilkan oleh plasma dalam air. Ion bebas, elektron bebas dan atom bebas yang dihasilkan sangat berperan dalam mengoksidasi senyawa organik yang terkandung dalam air limbah.



Gambar 2. Hubungan antara Waktu Kontak (menit) dengan Penyisihan TSS(%) pada Berbagai Luas Penampang Elektroda

Dari gambar 4.2. Menunjukkan bahwa dengan bertambahnya waktu kontak air dalam reaktor memberi penyisihan TSS yang relatif tinggi. Semakin lama waktu yang diberikan untuk *advanced oxidation processes* oleh plasma dalam air akan semakin

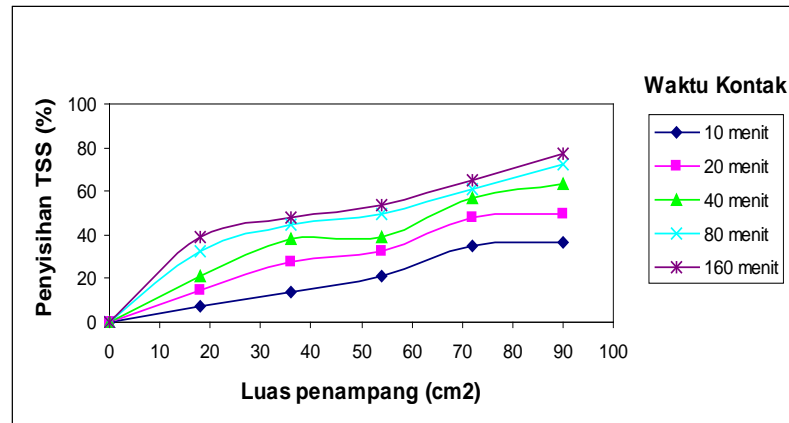
besar. Secara tidak langsung hal ini akan memberikan penurunan polutan organik yang semakin meningkat, sehingga penyisihan TSS oleh plasma dalam air akan bertambah besar pula seiring bertambahnya waktu reaksi air limbah dalam reaktor.



Gambar 3. Hubungan antara Luas Penampang Elektroda (cm²) dengan Penyisihan COD (%) pada Berbagai Waktu Kontak (menit)

Dari hasil yang diperoleh dari gambar 4.3 terjadi suatu kenaikan kemampuan penyisihan terhadap COD. Pada luas penampang 18 cm^2 terlihat penyisihan terhadap COD terlihat sangat kecil hal ini disebabkan karena proses plasma yang terjadi didalam air belum optimal untuk mengoksidasi

senyawa organik yang ada didalam air limbah tahu. karena pada luas penampang yang kecil dan waktu yang singkat elektroda sedikit menghasilkan ion bebas, elektron bebas dan atom bebas, sehingga *advanced oxidation processes* belum berlangsung secara sempurna.



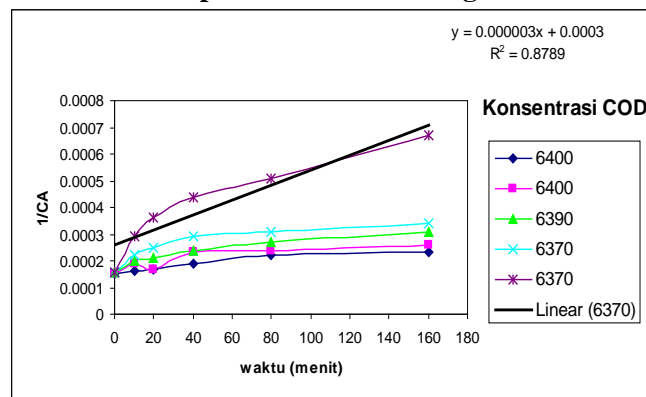
Gambar 4. Hubungan antara Luas Penampang Elektroda (cm^2) dengan Penyisihan TSS (%) pada Berbagai Waktu Kontak (menit)

Pada luas penampang 90 cm^2 terjadi penyisihan COD dan TSS yang tertinggi dibandingkan dengan luas penampang yang lain. Hal ini dikarenakan dengan luas penampang 90 cm^2 terjadi proses plasma dalam air banyak menghasilkan ion bebas, elektron bebas, dan atom bebas..

Reaksi yang terjadi pada ion dan elektron dalam plasma di dalam limbah cair tahu berlanjut dengan terbentuknya sinar ultraviolet,

shockwave dan yang paling penting banyak dihasilkan spesies aktif seperti OH, O, H dan H_2O_2 yang merupakan oksidan kuat yang dapat mendegradasi berbagai senyawa organik sekaligus membunuh bakteri dalam limbah cair tersebut, spesies aktif tersebut kemudian bereaksi dengan unsur C, H, O, N, S yang terdapat dalam limbah cair industri tahu tersebut, kemudian mengubah serta menguraikannya.

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Nilai Konstanta Degradasi Pada Penyisihan COD



Gambar 5. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap $1/CA$ pada Penyisihan COD

Seperti terlihat pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa harga K yang paling besar yaitu 0.000003 memiliki kecenderungan kenaikan penyisihan COD $[1/CA]$ yang signifikan yaitu mulai dari waktu kontak 10 menit memiliki nilai $[1/CA] = 0.00029$, waktu kontak 20 menit memiliki nilai $[1/CA] = 0.00036$, waktu kontak 40 menit memiliki nilai $[1/CA] = 0.00044$, waktu kontak 80 menit memiliki nilai $[1/CA] = 0.00051$, dan waktu kontak 160 menit memiliki nilai $[1/CA] = 0.00067$. sedangkan pada harga K yang paling kecil yaitu 0.0000005 memiliki kecenderungan kenaikan penyisihan COD $[1/CA]$ yang kurang signifikan yaitu mulai dari waktu kontak 10 menit memiliki nilai $[1/CA] = 0.00016$, waktu kontak 20 menit memiliki nilai $[1/CA] = 0.00017$, waktu kontak 40 menit memiliki nilai $[1/CA] = 0.00019$, waktu kontak 80 menit memiliki nilai $[1/CA] = 0.00022$, dan waktu kontak 160 menit memiliki nilai $[1/CA] = 0.00023$.

KESIMPULAN

1. Pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan teknologi plasma yang dilakukan secara batch dapat menurunkan kadar COD menjadi 75.29%.
2. Pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan teknologi plasma yang dilakukan secara batch dapat menurunkan kadar TSS sebesar 77.27%. Hal ini terjadi pada waktu reaksi 160 menit dengan menggunakan luas penampang elektroda 90 cm².
3. Nilai konstanta terbesar pada konsentrasi COD 6370 mg/l untuk penyisihan COD adalah 0.000003

DAFTAR PUSTAKA

- Bismo.S.,dkk, 2008,"Studi Awal Degradasi Fenol Dengan Teknik Ozonisasi di Dalam Reactor Annular, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Cristiana.M., Mu'nisatun., Saptaaji.R., Marjanto.D, 2010,"Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo Dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 keV/10mA, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir, Yogyakarta
- Effendi Hefni, 2003, Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan, Hal 63-66, kanisius, Jogjakarta.
- Indira P, 2006, Anto Ts dan teknologi plasma, Kompas, www.kompas.com, 18/9/2009.
- Levespiel Octave, 1972,"Chemical Reaction Engineering", Second Edition, Hal 45-49, John Wiley sonc, New York
- Mulyadi, 2006, Pengolahan Limbah cair Industri Tahu Dengan Teknologi Plasma, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UPN "Veteran" Jawa Timur, Surabaya.
- Sugiarto Anto, 2002, Atasi Polusi dengan Plasma, www.pengolahanlimbahcair.com, 18/9/2009.
- Sugiarto Anto, 2009. Pengolahan Air Limbah Dengan Teknologi Bersih, www.pengolahanlimbahcair.com, 18/9/2009.
- Farid., 2008, Pengaruh Perubahan Kuat Arus Listrik Terhadap Penyisihan Bahan Organik Limbah Cair Industri Tahu Dengan Proses Plasma, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UPN

“Veteran” Jawa Timur,
Surabaya.